

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 40 23 903 C 1

⑤1 Int. Cl. 5:  
H 02 K 3/34  
H 02 K 3/32

②1 Aktenzeichen: P 40 23 903.9-32  
②2 Anmeldetag: 27. 7. 90  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 7. 11. 91

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Micafil AG, Zürich, CH

⑦4 Vertreter:

Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6242 Kronberg

⑦2 Erfinder:

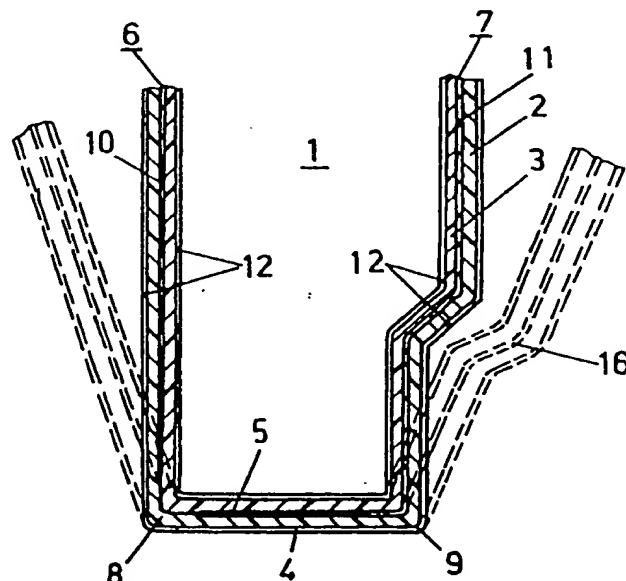
Piur, Armin, Spreitenbach, CH; Stieger,  
Hans-Rudolf, Dr.phil., Adliswil, CH

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

GB 7 88 520  
US 39 74 314  
US 38 52 137

⑤4 Flächenförmiger Isolierstoffkörper für elektrische Maschinen oder Apparate, insbesondere Nutisolation

⑤7 Der vorzugsweise als Nutisolation (1) ausgebildete flächenförmige Isolierstoffkörper ist im wesentlichen von zwei schichtförmig übereinanderliegenden Lagen (2, 3) eines flexiblen Isolierstoffs gebildet. Er weist einen von übereinanderliegenden Teilen der Lagen (2, 3) gebildeten, mechanisch hoch belastbaren ersten Abschnitt (4) sowie einen von weiteren übereinanderliegenden Teilen der Lagen (2, 3) gebildeten zweiten Abschnitt (6, 7) auf. Zwischen erstem (4) und zweitem Abschnitt (6, 7) befindet sich ein in die Isolierstofflagen (2, 3) eingeformter Radius (8, 9). Dieser Isolierstoffkörper soll auch bei starken Verformungen im Bereich des Radius (8, 9) ohne Beschädigungen in eine elektrische Maschine oder einen elektrischen Apparat eingebaut werden können. Dies wird durch folgende Maßnahmen erreicht. Der mechanisch hoch belastbare erste Abschnitt (4) ist nahezu starr ausgebildet. Die den zweiten Abschnitt (6, 7) bildenden Teile der Isolierstofflagen (2, 3) sind mittels einer plastisch oder elastisch verformbaren Haftschrift verbunden. Die Isolierstofflagen (2, 3) sind im Bereich des Radius (8, 9) gegeneinander verschiebbar angeordnet.



DE 40 23 903 C 1

## Beschreibung

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem flächenförmigen Isolierstoffkörper nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Solche Isolierstoffkörper werden vorzugsweise als Nutisolation rotierender elektrischer Maschinen der Hoch- und Mittelspannungstechnik verwendet, können aber auch anderweitig in elektrischen Maschinen und Apparate verwendet werden.

## STAND DER TECHNIK

Mit dem Oberbegriff des Anspruchs 1 nimmt die Erfindung Bezug auf einen Stand der Technik von flächenförmigen Isolierstoffkörpern, wie er in der US-PS 38 52 137 beschrieben ist. Der bekannte Isolierstoffkörper ist als mehrschichtige Nutisolation von U-Form ausgebildet, bei der die Schichten mit einem Kleber auf der Basis eines heißgehärteten Epoxidharzes starr miteinander verbunden sind. Aufgrund ihrer starren Beschaffenheit kann diese Nutisolation nach ihrer Fertigstellung nicht mehr verformt werden. Beim Einbau in die Nut einer elektrischen Maschine kann sie daher nicht an die vorgegebene Form der Nut angepaßt werden.

In der US-PS 39 74 314 ist ein weiterer Isolierstoffkörper beschrieben. Dieser Isolierstoffkörper kann als Nutisolation mit U- oder L-förmigen Profil ausgebildet sein und weist mehrlagige Isolationsbahnen aus aromatischem Polyamid (Aramid) und Polyheterocyclen auf. Werden solche Isolationen in eine Nut einer rotierenden elektrischen Maschine eingesetzt, so können bei einer durch die geforderten elektrischen Eigenschaften bestimmten Wandstärke der Nutisolation infolge der Verformungen am Radius auf der Außenseite Beschädigungen auftreten. Dies kann zu einem Versagen der Nutisolation führen.

Aus GB-PS 7 88 520 ist eine U-förmige Nutisolation für dynamo-elektrische Maschinen bekannt, welche aus einem Laminat geformt ist, das auf der Außenseite des U eine Papierschicht und auf der Innenseite eine Schicht aus Polyäthylen-Terephthalat aufweist. Die beiden Schichten sind miteinander durch einen geeigneten Kleber verbunden, etwa einen solchen auf der Basis Gummi-Latex. Eine solche Nutisolation weist allseits eine hohe Flexibilität auf. Nach Einbau in eine Nut der Maschine ist sie daher im Nutgrund nicht kraftschlüssig fixiert. Der Boden dieser Nutisolation weist zudem geringe Steifigkeit und Festigkeit auf, so daß es erforderlich ist, zusätzlich feste Lamineinlagen in den Boden einzukleben.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung, wie sie im Patentanspruch 1 definiert ist, liegt die Aufgabe zugrunde, einen insbesondere als Nutisolation ausgebildeten flächenförmigen Isolierstoffkörper zu schaffen, der auch bei starken Verformungen im Bereich des mindestens einen Radius ohne Beschädigungen in eine elektrische Maschine oder einen elektrischen Apparat eingebaut werden kann.

Der Isolierstoffkörper nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß er an selektiv festgelegten Stellen hohe mechanische Festigkeit aufweist und an anderen Stellen beschädigungsfrei nahezu beliebigen Verformungen unterworfen werden kann. Bei Ausbildung als Nutisolation kann der Isolierstoffkörper nach der Erfindung beim Einbau in eine elektrische Maschine daher leicht an beliebige Nutformen mit nahezu beliebig klei-

nen Krümmungsradien angepaßt werden. Zugleich ist gewährleistet, daß unerwünschte, das Isoliervermögen der Nutisolation beeinträchtigende Fremdkörper nicht zwischen die einzelnen Lagen der Nutisolation eindringen können, wie dies etwa bei mehrlagigen Nutisolationen mit unverklebten Schenkeln der Fall sein kann. Welligkeiten der Schenkeliolationsbahnen, welche bei mehrlagigen Nutisolationen mit unverklebten Schenkeln auftreten können, entfallen weitgehend.

## WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigt:

Fig. 1 eine Aufsicht auf einen quer zu einer Nut geführten Schnitt durch einen als Nutisolation ausgebildeten flächenförmigen Isolierstoffkörper nach der Erfindung.

Fig. 2 eine Aufsicht auf eine bei der Herstellung der Nutisolation gemäß Fig. 1 verwendete und mit Klebmittel beschichtete Isolierstofflage, und

Fig. 3 eine Aufsicht auf einen quer zu einer Nut geführten Schnitt durch einen Teil eines weiteren ebenfalls als Nutisolation ausgeführten Isolierstoffkörpers nach der Erfindung.

In Fig. 1 bezeichnet 1 eine beispielsweise im Rotor eines Hochspannungsgenerators verwendete Nutisolation mit U-förmigem Profil. Diese Nutisolation besteht im wesentlichen aus zwei schichtförmig angeordneten Lagen 2, 3 eines flexiblen Isolierstoffes von typischerweise 0,5 mm Dicke. Als Material des Isolierstoffes wird bevorzugt ein hochtemperaturfestes und insbesondere Fasern und/oder Flocken enthaltendes aromatisches Polymer, etwa auf der Basis Polyamid, in Form eines Papiers verwendet.

Ein die beiden Schenkel des U verbindender Abschnitt 4 ist vergleichsweise starr ausgebildet und dient als mechanisch hochbelastbares, auf dem Grund der nicht dargestellten Rotornut aufsitzendes Teil. Die Steifigkeit und mechanisch hohe Belastbarkeit des Abschnittes 4 wird dadurch erreicht, daß die beiden Isolierstofflagen 2, 3 im Bereich des Abschnittes 4 mittels einer zwischen ihnen befindlichen Haftschrift 5 verbunden sind. Die Haftschrift 5 wird vorzugsweise von einem wärmeausgehärteten oder getrockneten Polymer, etwa auf der Basis Epoxid oder Polyester, gebildet. Zur Verstärkung des den Leiter des Rotors auf dem Nutgrund abstützenden Abschnittes 4 kann — falls erwünscht — zusätzlich eine laminierte Glasfaserplatte vorgesehen sein.

Die Schenkel des U enthalten jeweils einen im wesentlichen vertikal erstreckten Abschnitt 6 bzw. 7 sowie jeweils einen zwischen den Abschnitten 4 und 6 bzw. 4 und 7 in die Isolierstofflagen 2, 3 eingeformten Radius 8 bzw. 9. Zwischen den übereinanderliegenden Teilen der Isolierstofflagen 2, 3 sind im Bereich der Abschnitte 6, 7 plastisch oder elastisch verformbare Haftschriften 10, 11 vorgesehen. Solche Haftschriften sind wie auch die vergleichsweise starre Haftschrift 5 typischerweise ca. 50 µm dick und können aus einem warmhärtenden oder getrockneten, polymeren, vorzugsweise wärmebeständigen Klebstoff, etwa auf der Basis Polyacrylat, hergestellt werden. Ein typisches Material für die Haftschriften 10 und 11 ist beispielsweise ein gummiartig verformbarer, acrylathaltiger Kleber. Die Haftschrift 11 ist bis in den Bereich des Radius 9 hinein erstreckt, kann aber auch wie die Haftschrift 10 vor dem Bereich des Radius 8 aufhören. Entsprechendes gilt für die Haftschrift 10,

welche bis in den Bereich des Radius 8 hinein erstreckt sein kann.

Auf der freiliegenden, dem Leiter des nicht gezeichneten Rotors zugewandten Oberfläche der Isolierstofflage 3 ist ein Belag 12 aufgebracht. Dieser Belag hat die Aufgabe, darunterliegende Fasern und/oder Flocken der Isolierstofflagen 2 und 3 vor Abrieb zu schützen und eine möglichst glatte, faserfreie Oberfläche zu schaffen. Wird zusätzlich auch ein gleichartiger Belag auf der freiliegenden Oberfläche der Isolierstofflage 2 aufgebracht, so wird die Nutisolation 1 zusätzlich vor Feuchtigkeit und Verschmutzung geschützt. Der Belag 12 kann vorzugsweise aus einem Verbundwerkstoff, wie etwa einem polyester- oder epoxidharzgetränkten Vlies auf der Basis Polyester oder Polyamid, hergestellt werden. Ein solcher Belag zeichnet sich durch Kratzfestigkeit, Kriechstromfestigkeit und Abweisung von Feuchtigkeit aus.

Die Nutisolation 1 kann aus einem vorgefertigten Prepreg gepreßt werden, kann aber auch in herkömmlicher Weise durch sukzessives Übereinanderbringen und Pressen der verschiedenen Lagen hergestellt werden.

Die Herstellung des Prepregs kann entsprechend Fig. 2 wie folgt erfolgen: Zunächst wird die Lage 2 mit einer Schicht 13 eines Polymers auf der Basis Polyester oder Epoxid und mit Schichten 14 und 15 auf der Basis eines Acrylatklebers versehen. Die Schichten 14 und 15 können als typischerweise 50 µm dicke Beläge aufgebracht werden, indem sie trocken von einer Trägerfolie abgenommen werden. Hierbei ist zu beachten, daß die beschichteten Flächen den getrockneten oder ausgehärteten Haftsichten 5, 10 und 11 entsprechen. Sodann wird die Lage 3 über die Lage 2 geschichtet. Falls erwünscht, kann die freiliegende Fläche der Lage 3 entsprechend der Lage 2 beschichtet und mit einer weiteren Lage Isolierstoff belegt werden. Die oberste Lage des Stapels kann sodann noch mit einem den Belag 12 liefernden Verbundwerkstoff auf der Basis eines harzgetränkten Polyestervlieses versehen werden. Ein solches Prepreg kann entsprechend den erwünschten Abmessungen der Nutisolation 1 zugeschnitten und bei erhöhten Temperaturen in einer Form unter Aushärtung der verwendeten Harze bzw. Klebstoffe verpreßt werden.

Es ist auch möglich, nur die Schicht 13 auf die Lage 2 aufzubringen und nach Auflegen der Lage 3 in einer Form bei erhöhter Temperatur zunächst nur die Haftsicht 5 herzustellen. Anschließend können dann die Haftsichten 10 und 11 und der Verbundwerkstoff aufgetragen und die Nutisolation 1 durch Warmpressen endgültig fertiggestellt werden.

Die Nutisolation 1 weist nach dem Pressen die in Fig. 1 gestrichelt dargestellte Form auf. Beim Einlegen in die nicht dargestellte Rotornut richten sich die Abschnitte 6 und 7 an den Nutflanken auf. Hierbei kann die Nutisolation 1 im Bereich der Radien 8 und 9 nicht beschädigt werden, da die Isolierstofflagen 2 und 3 sich auch bei sehr kleinen Krümmungsradien noch gegeneinander verschieben können. Lediglich im Bereich des Abschnitts 4 sind die Isolierstofflagen 2 und 3 praktisch starr aneinander gekoppelt. Die dort vorgesehene Haftsicht 5 hat eine Bruchdehnung von höchstens einigen Prozent. Hierdurch ist jedoch ein fester Sitz der Nutisolation 1 auf dem Nutboden gewährleistet. Hingegen haben die Haftsichten 10 und 11 Bruchdehnungen von ca. 100%, was auch nach der Aushärtung der Nutisolation noch starke Biegebeanspruchungen ohne Beschädigung der Isolierstofflagen 2 und 3 ermöglicht. Zusätzli-

che, etwa durch Abkröpfungen 16 gekennzeichnete, Radien können in einfacher Weise in die mechanisch nur geringfügig belasteten Abschnitte 6, 7 der Nutisolation 1 eingeformt werden. Eine besonders gute nachträgliche Verformbarkeit der Nutisolation 1 im Bereich eines Radius, z. B. 8, wird dadurch erreicht, daß dort die Isolierstofflagen 2 und 3 frei von einer Haftsicht, z. B. 10, sind. Die im anschließenden Abschnitt, z. B. 6, vorgesehene Haftsicht 10, verhindert dann, daß wie bei nach oben offenen Isolierstofflagen 2 und 3 unerwünschte Fremdkörper zwischen die Isolierstofflagen 2 und 3 treten können.

Die in Fig. 3 teilweise dargestellte Nutisolation 17 von vorzugsweise U-förmigem Profil enthält zwei schichtförmig angeordnete Lagen 18, 19 eines flexiblen und mechanisch hoch belastbaren Isolierstoffs von typischerweise 0,5 mm Dicke. Geeignetes Material ist beispielsweise das bereits bei der Isolierstofflage 2 und 3 der Nutisolation 1 beschriebene Papier.

Zwischen beiden Isolierstofflagen 18, 19 ist eine weitere Lage 20 eines Isolierstoffs vorgesehen. Dieser Isolierstoff ist dielektrisch höherwertiger, aber mechanisch weniger hoch beanspruchbar wie der Isolierstoff der Lagen 18 und 19 und kann beispielsweise eine Folie sein.

Im Bereich des Nutgrundes sind die drei Isolierstofflagen 18, 19 und 20 mittels Haftsichten 21, 22 auf der Basis eines wärmeausgehärteten oder getrockneten Polymers starr miteinander verbunden. Im Bereich des Nutgrundes kann die Isolation daher mechanisch hoch belastet werden.

Im Bereich der Schenkel der Nutisolation werden die Isolierstofflagen 18, 19 und 20 mittels elastisch oder plastisch verformbaren Haftsichten 23, 24 zusammengehalten. Die Haftsichten 23, 24 können die gleiche Bemessung und den gleichen Materialaufbau aufweisen wie die Haftsichten 10, 11 der Nutisolation 1. Sie können sich — wie in Fig. 3 dargestellt — von den Schenkeln des U-Profils über einen Radius bis in den Nutgrund hinein erstrecken.

Gegenüber der Nutisolation 1 weist die Nutisolation 17 zusätzlich noch folgende Vorteile auf. Sie ist dielektrisch besonders hochwertig und trotz Verwendung eines gegen mechanische Beanspruchung vergleichsweise empfindlichen Materials äußerst robust. Die mechanisch hoch beanspruchbaren äußeren Isolierstofflagen 18 und 19 schützen die mechanisch weniger robuste, aber dielektrisch besonders hochwertige Isolierstofflage 20 vor unzulässig hohen Kräften. Hierbei werden die Kräfte zum größten Teil durch die äußeren Schichten 18 und 19 aufgenommen und wird deren Übertragung durch die flexiblen Haftsichten 23 und 24 wesentlich reduziert. Unerwünschte Rißschäden in der gegen mechanische Kräfte vergleichsweise anfälligen Schicht 20 werden so weitgehend vermieden.

Entsprechend der Nutisolation 1 können auch bei der Nutisolation 17 die freiliegenden Oberflächen durch einen Belag, etwa auf der Basis eines feuchtigkeitsabweisenden und kriechstromfesten Verbundwerkstoffs, abgedeckt werden.

Je nach Anforderungen an Isolationsvermögen und Dicke der verwendeten Isolierstofflagen können die Nutisolationen 1 bzw. 17 selbstverständlich auch aus mehr als 2 bzw. 3 Isolierstofflagen aufgebaut sein.

#### Patentansprüche

1. Flächenförmiger Isolierstoffkörper für elektrische Maschinen oder Apparate, insbesondere Nut-

isolation (1), enthaltend  
 mindestens zwei schichtförmig angeordnete und  
 mittels mindestens einer Haftschrift (5, 10, 11, 23,  
 24) miteinander verbundene Lagen (2, 3, 18, 19, 20)  
 mindestens eines flexiblen Isolierstoffs,  
 mindestens einen von übereinanderliegenden und  
 starr miteinander verbundenen Teilen der Isolier-  
 stofflagen gebildeten, mechanisch belastbaren er-  
 sten Abschnitt (4),  
 mindestens einen von übereinanderliegenden Teil-  
 en der Isolierstofflagen gebildeten zweiten Ab-  
 schnitt (6, 7), und  
 mindestens einen zwischen dem ersten (4) und dem  
 zweiten Abschnitt (6, 7) angeordneten und in die  
 Isolierstofflagen eingeformten Radius (8, 9, 25),  
 dadurch gekennzeichnet, daß die den mindestens  
 einen ersten (4) und mindestens einen zweiten Ab-  
 schnitt (6, 7) bildenden Teile der Isolierstofflagen  
 mittels unterschiedlich verformbarer Haftschriften  
 (5, 10, 11, 23, 24) miteinander verbunden sind, daß  
 die im mindestens einen zweiten Abschnitt (6, 7)  
 vorgesehene Haftschrift (10, 11, 23, 24) plastisch  
 oder elastisch verformbar ausgebildet ist, und daß  
 die mindestens zwei Isolierstofflagen (2, 3, 18, 19,  
 20) im Bereich des mindestens einen Radius (8, 9,  
 25) gegeneinander verschiebbar angeordnet sind.  
 2. Isolierstoffkörper nach Anspruch 1, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß mindestens drei Isolierstofflagen  
 (18, 19, 20) schichtförmig übereinander angeordnet  
 sind, von denen eine zwischen zwei außenliegenden  
 ersten Isolierstofflagen (18, 19) befindliche zweite  
 Isolierstofflage (20) aus einem gegenüber dem Ma-  
 terial der beiden außenliegenden Isolierstofflagen  
 dielektrisch höherwertigen, aber mechanisch weni-  
 ger hoch belastbaren Isolierstoff besteht und zu-  
 mindest im Bereich des zweiten Abschnitts auf bei-  
 den Seiten zumindest teilweise mit der elastisch  
 oder plastisch verformbaren Haftschrift (23, 24)  
 versehen ist.  
 3. Isolierstoffkörper nach einem der Ansprüche 1  
 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die minde-  
 stens eine Haftschrift (10, 11, 23, 24) in den Bereich  
 des mindestens einen Radius (8, 9, 25) erstreckt ist.  
 4. Isolierstoffkörper nach einem der Ansprüche 1  
 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bereich  
 des mindestens einen Radius (8, 9) frei von der min-  
 destens einen Haftschrift (10, 11) ist.  
 5. Isolierstoffkörper nach einem der Ansprüche  
 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens  
 eine Haftschrift (10, 11, 23, 24) ausgehärteten oder  
 getrockneten Klebstoff enthält.  
 6. Isolierstoffkörper nach Anspruch 5, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß die mindestens zwei Isolierstoff-  
 lagen (2, 3, 18, 19, 20) und die mindestens eine Haft-  
 schrift (10, 11, 23, 24) jeweils ein hochtemperatur-  
 beständiges Polymer enthalten.  
 7. Isolierstoffkörper nach Anspruch 6, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß die mindestens zwei Isolierstoff-  
 lagen (2, 3, 18, 19, 20) ein aromatisches Polyamid  
 enthalten und die mindestens eine Haftschrift (10,  
 11, 23, 24) ein Polymer auf der Basis Acrylat auf-  
 weist.  
 8. Isolierstoffkörper nach einem der Ansprüche  
 1—7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine  
 (3) der mindestens zwei Isolierstofflagen (2, 3) Fa-  
 sern und/oder Flocken enthält, welche durch min-  
 destens einen auf die freiliegende Oberfläche der  
 mindestens einen Isolierstofflage (3) aufgebrachten

Belag (12) zumindest teilweise abgedeckt ist.

9. Isolierstoffkörper nach Anspruch 8, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß der mindestens eine Belag (12)  
 von einem abriebfesten Verbundwerkstoff gebildet  
 ist.

10. Isolierstoffkörper nach Anspruch 9, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß der Verbundwerkstoff auf einem  
 harzgetränkten Polyester- oder Polyamidvlies ba-  
 siert.

11. Isolierstoffkörper nach einem der Ansprüche  
 1—10, dadurch gekennzeichnet, daß in den minde-  
 stens einen zweiten Abschnitt (6, 7) ein weiterer  
 Radius eingeformt ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

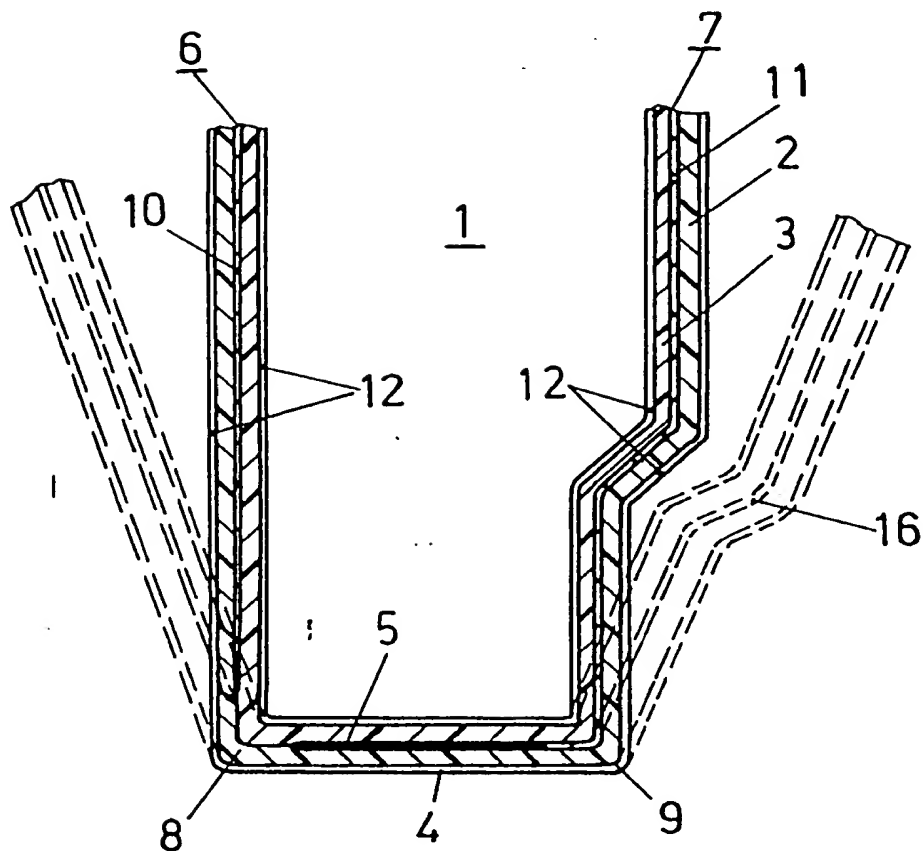


FIG. 1

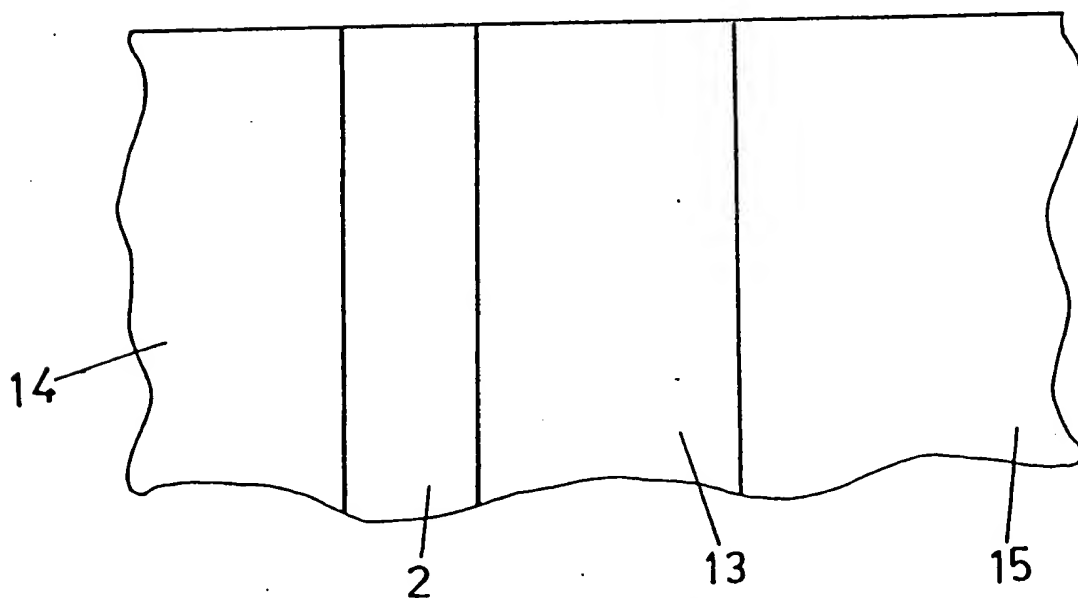


FIG. 2

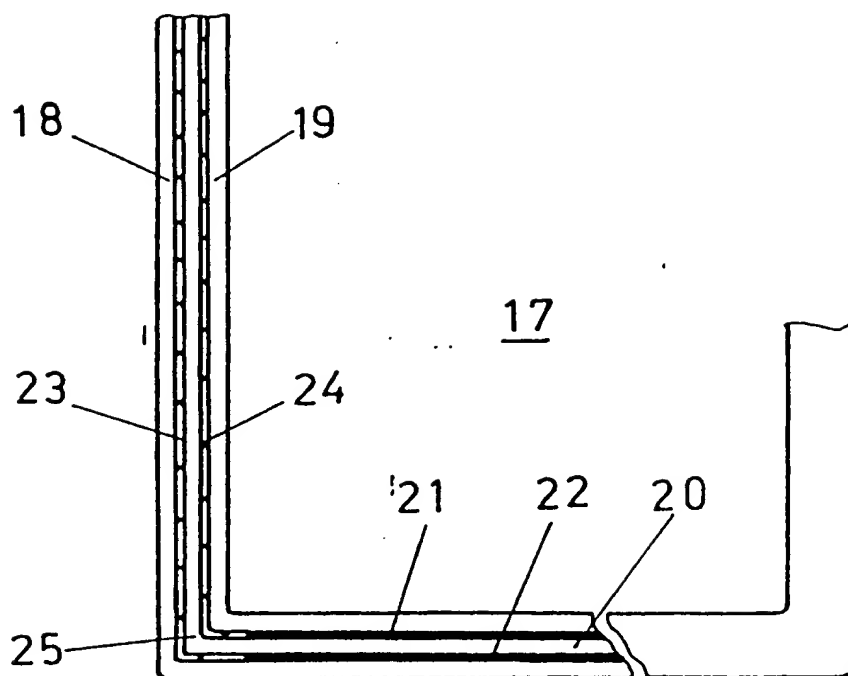


FIG.3